八种杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊发育和繁殖的亚致死效应

慕　卫，刘　峰*，贾忠明，赵　德，慕立义
（山东农业大学植物保护学院，山东泰安　271018）

摘要：用胃毒触杀法确定 8 种常用杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* 3 龄幼虫的 LC_{20} 和 LC_{50} 剂量后，以其 LC_{20} 分别处理 3 龄幼虫，将存活幼虫正常饲养，测定该剂量药剂对韭菜迟眼蕈蚊化蛹率、蛹重、羽化率，成虫存活率、雌雄比、单雌产卵量及卵孵化率等指标的影响。结果表明：毒死蜱等 4 种药剂的影响较显著，其影响程度由高到低依次为毒死蜱＞辛硫磷＞阿维菌素≌溴虫腈；而另 4 种药剂丙硫克百威、灭多威、丁硫克百威和吡虫啉则影响不显著。此外也测定了用后 4 种药剂 LC_{50} 剂量处理的存活试虫的上述生物学指标，结果表明：除化蛹率和羽化率较对照降低且差异显著外，其他生物学指标与对照处理无明显变化。

关键词：韭菜迟眼蕈蚊；杀虫剂；亚致死效应；生物学指标
中图分类号：Q965.9　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2005)01-0147-04

Sublethal effects of eight insecticides on development and reproduction of *Bradysia odoriphaga*

MU Wei，LIU Feng*，JIA Zhong-Ming，ZHAO De，MU Li-Yi（College of Plant Protection，Shandong Agricultural University，Tai'an，Shandong　271018，China）

Abstract：After the LC_{20} and LC_{50} of eight insecticides to the 3rd instar larvae of *Bradysia odoriphaga* were determined，the effects of eight insecticides in sublethal doses to the biology of survival larvae were compared. The biological parameters included larval mortality after 72 h，adult survival rate 72 h after emergence，pupation rate，female pupa weight，emergence rate，sex proportion（♀：♂），eggs laid per female and egg hatchability. For chlorpyrifos，phoxim，abamectin and chlorfenapyr，the effect of sublethal doses were significant and in the order chlorpyrifos > phoxim > abamectin ≌ chlorfenapyr；but for benfuracarb，methomyl，carbosulfan，and imidacloprid，the effect was not obvious. Compared with the control，there were no differences except pupation rate and emergence rate in the survival individuals treated at the dose of LC_{50} with benfuracarb，methomyl，carbosulfan，imidacloprid.

Key words：*Bradysia odoriphaga*；insecticide；sublethal effects；biological parameters

用杀虫剂亚致死剂量处理昆虫后，其存活个体及其后代的生物学特性可能会发生显著变化，对昆虫的取食、幼虫生长发育、交配、繁殖和产卵行为以及卵孵化率等产生不良影响（Friedel *et al*.，1985；Hajjar *et al*.，1989；Kotze，1992；Sun *et al*.，1999）。因此寻找具有这种效应的杀虫剂可以减少药剂使用量，降低农用成本，对于无公害农产品生产具有重要意义。目前关于杀虫剂亚致死剂量对韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang 的生物学影响未见报道，我们研究了常用农药亚致死剂量对该虫的亚致死效应，目的是对这些药剂进行系统评价，为韭菜迟眼蕈蚊的有效控制提供指导。

1　材料与方法

1.1　试虫

于 2001 年 5 月上旬韭菜迟眼蕈蚊幼虫危害高峰期，从一直使用化学农药防治的山东农业大学教

基金项目：山东省计划委员会项目（1998-296）
作者简介：慕卫，女，1971 年生，山东泰安人，博士，副教授，研究方向为昆虫毒理学，E-mail：muwei@sdau.edu.cn
* 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：fliu@sdau.edu.cn
收稿日期 Received：2003-12-09；接受日期 Accepted：2004-07-02

学基地菜园中被该虫为害的韭菜假茎上采集，在室内一直用无药韭菜饲养。参照慕卫等（2003）简便人工饲养技术饲养。

1.2 供试药剂

48%毒死蜱乳油（美国陶氏益农公司），40%辛硫磷乳油（江苏连云港市第二农药厂），10%溴虫腈悬浮剂（美国氰胺公司），1.8%阿维菌素乳油（北京北农奇克农药厂），20%丙硫克百威乳油（浙江禾田化工有限公司），20%丁硫克百威乳油（湖南海利化工股份有限公司），20%灭多威乳油（山东华阳科技股份有限公司），5%吡虫啉乳油（北京华戎生物激素厂）。

1.3 毒力及亚致死剂量效应测定

毒力测定采用胃毒触杀法（慕卫等，2002），以孵化后第 9 天的 3 龄幼虫为试虫，检查药后 72 h 各处理死虫数，死亡标准为幼虫不能正常爬动，计算死亡率。利用 POLO 统计软件计算各药剂的 LC_{20}、LC_{50}。分别以各药剂 LC_{20} 及 LC_{50} 剂量处理韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫，24 h 和 72 h 观察取食现象并记录死亡数，存活幼虫换以不含药剂的滤纸及新鲜韭菜假茎为饲料继续饲养，观察并记录各处理韭菜迟眼蕈蚊的生物学特性变化，包括化蛹率、平均雌蛹重、羽化率、成虫存活率、雌雄比、单雌产卵量和孵化率。

2 结果与分析

2.1 药剂对韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫的毒力

测定结果见表 1。按 LC_{20} 大小，各药剂毒力由高至低依次为毒死蜱、灭多威、丙硫克百威、阿维菌素、溴虫腈、辛硫磷、丁硫克百威和吡虫啉。按 LC_{50} 大小，各药剂毒力由高至低依次为毒死蜱、灭多威、丙硫克百威、阿维菌素、吡虫啉、溴虫腈、丁硫克百威及辛硫磷。

表 1 8 种杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫的毒力

Table 1 Toxicity of eight insecticides to the 3rd instar larvae of *Bradysia odoriphaga*

药剂 Insecticides	LD-p line ($y = a + bx$)	LC_{20} (μg/mL) (95%CL)	LC_{50} (μg/mL) (95%CL)
毒死蜱 Chlorpyrifos	$y = 3.8911 + 1.4736x$	1.523(0.842～2.539)	5.657(3.662～8.679)
灭多威 Methomyl	$y = 3.6525 + 1.1615x$	2.735(1.253～4.694)	14.459(6.054～27.390)
丙硫克百威 Benfuracarb	$y = 3.4173 + 1.2116x$	4.102(2.719～7.281)	20.244(16.775～25.925)
阿维菌素 Abamectin	$y = 3.6544 + 1.7266x$	7.230(4.730～12.945)	22.161(11.253～40.788)
溴虫腈 Chlorfenapyr	$y = 1.2689 + 2.5416x$	8.173(5.832～14.274)	29.381(19.073～48.932)
辛硫磷 Phoxim	$y = 2.7235 + 1.3054x$	12.603(7.382～20.582)	55.454(46.221～69.085)
丁硫克百威 Carbosulfan	$y = 2.4642 + 1.5387x$	12.649(7.936～20.481)	44.459(36.221～69.058)
吡虫啉 Imidacloprid	$y = 0.7313 + 3.0140x$	13.728(9.310～19.478)	26.082(14.659～41.835)

2.2 药剂 LC_{20} 剂量对韭菜迟眼蕈蚊生物学特性的影响

从药后 24 h 幼虫取食量、化蛹率、蛹重、羽化率、雌雄比、羽化 72 h 成虫存活率、单雌产卵量和孵化率等几个指标（表 2）综合分析，该剂量对韭菜迟眼蕈蚊的影响以毒死蜱最大，辛硫磷次之，溴虫腈及阿维菌素再次之，4 种药剂处理后种群的各项指标与对照之间均存在显著差异（$P \leqslant 0.05$）；而丙硫克百威、灭多威、丁硫克百威和吡虫啉处理种群的各项指标与对照相比差异不显著。不过经 8 种药剂处理后各种群雌雄比为 1.5:1～1.9:1，均高于对照种群的 1.3:1。

2.3 药剂 LC_{50} 剂量对韭菜迟眼蕈蚊生物学特性的影响

由于用丙硫克百威、灭多威、丁硫克百威和吡虫啉 LC_{20} 剂量处理韭菜迟眼蕈蚊种群后亚致死剂量效应不明显，因此又使用 LC_{50} 剂量处理后测定了各生物学指标（表 3）。与对照相比，这 4 种药剂处理后只是药后 24 h 幼虫取食量、化蛹率和羽化率比对照处理显著降低，其他生物学指标虽有所下降，但差异不显著。

3 讨论

目前关于昆虫生长调节剂和微生物杀虫剂等农药的亚致死剂量对昆虫生物学特性影响的报道较多，而对一些常规农药的这种作用则很少涉及。在评价常规杀虫剂的效应时多以短时间内测得的毒力值作为衡量标准，而有些药剂的毒力与其在田间的药效往往没有必然的对应关系，究其原因，除已共知

表 2　8 种药剂亚致死剂量(LC_{20})对韭菜迟眼蕈蚊生物学特性的影响

Table 2　Effect of sublethal doses (LC_{20}) of eight insecticides on some biology parameters of *Bradysia odoriphaga*

药剂 Insecticides	浓度 Concentration (μg/mL)	药后 24 h 每头幼虫取食量 Ingestion 24 h after treatment [mg/(d·head)]	72 h 死亡率 Mortality after 72 h (%)	化蛹率 Pupation rate (%)	平均雌蛹重 Female pupa weight/mg	羽化率 Emergence rate (%)	♀:♂	羽化后 72 h 存活率 Survival rate 72 h after emergence (%)	单雌产卵量 Eggs laid per famale	卵孵化率 Egg hatchability (%)
毒死蜱 Chlorpyrifos	15	2.1 ± 0.7 d	18.8	42.1 c	0.86 c	47.0 c	1.9:1	54.3 b	76.1 c	79.4 b
辛硫磷 Phoxim	13	6.2 ± 1.4 c	17.3	45.0 c	1.03 b	60.3 bc	1.9:1	54.3 b	76.1 c	79.4 b
溴虫腈 Chlorfenapyr	8	13.4 ± 2.7 b	21.7	50.0 bc	1.07 b	63.5 bc	1.5:1	57.5 b	88 bc	81.9 b
阿维菌素 Abamectin	7	14.0 ± 2.2 b	18.8	56.0 bc	1.06 b	62.9 bc	1.8:1	61.4 b	81.3 bc	81.3 b
丙硫克百威 Benfuracarb	4	17.1 ± 2.5 ab	14.6	71.9 ab	1.18 a	76.3 ab	1.6:1	73 a	128.8 a	93.7 a
灭多威 Methomyl	3	18.8 ± 3.5 ab	17.0	78.8 a	1.23 a	83.3 a	1.7:1	67.7 a	131.4 a	93.3 a
丁硫克百威 Carbosulfan	13	18.6 ± 1.9 ab	21.7	79.7 a	1.26 a	83.7 a	1.7:1	70.7 a	109.6 ab	90.8 a
吡虫啉 Imidacloprid	14	20.4 ± 1.7 a	23.0	79.8 a	1.25 a	76.9 ab	1.8:1	71.4 a	120.5 a	90.2 a
对照 CK	0	21.8 ± 2.5 a	3.8	86.1 a	1.26 a	86.2 a	1.3:1	72.4 a	129.7a	92.8 a

注：表中数据为平均值 ± 标准误，同一列数据后不同字母表示差异显著（$P < 0.05$，t 检验）；下同。

Notes: Data in the table are mean ± *SE*, and those within a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$, by t-test). The same below.

表 3　4 种药剂 LC_{50} 剂量对韭菜迟眼蕈蚊生物学特性的影响

Table 3　Effect of LC_{50} dose of four insecticides on some biology parameters of *Bradysia odoriphaga*

药剂 Insecticides	浓度 Concentration (μg/mL)	药后 24 h 每头幼虫取食量 Ingestion 24 h after treatment [mg/(d·head)]	72 h 幼虫死亡率 Mortality after 72h (%)	化蛹率 Pupation rate (%)	平均雌蛹重 Female pupa weight/mg	羽化率 Emergence rate (%)	♀:♂	羽化后 72 h 存活率 Survive rate 72 h after emergence (%)	单雌产卵量 Eggs laid per famale	卵孵化率 Egg hatchability (%)
灭多威 Methomyl	15	12.4 ± 1.7 b	41.1	37.0 b	1.16 a	66.7 b	1.8 :1	66.6 a	93.4 a	84.5 a
丙硫克百威 Benfuracarb	20	11.8 ± 2.5 b	61.6	22.5 c	1.21 a	70.6 b	1.6 :1	70.8 a	98.2 a	87.8 a
丁硫克百威 Carbosulfan	45	10.4 ± 2.2 b	48.1	34.8 b	1.19 a	70.9 b	1.6 :1	69.2 a	102 a	81.6 a
吡虫啉 Imidacloprid	25	13.7 ± 1.9 b	58.4	26.8 c	1.18 a	72.5 b	1.9 :1	65.5 a	99.4 a	91.4 a
对照 CK	0	22.2 ± 2.5 a	3.2	77.9 a	1.28 a	80 a	1.3 :1	71.9 a	112.1 a	90.3 a

的前者属单因素测定结果而后者属多因素试验结果外，作者认为这可能还与某些药剂存在亚致死效应有关。本研究测定的 8 种杀虫剂中，毒死蜱、辛硫磷、溴虫腈和阿维菌素均表现出了不同程度地对韭菜迟眼蕈蚊不利的亚致死剂量效应，可见在常规农药中也存在这种效应，应当引起重视。此外亚致死效应并不总表现为昆虫化蛹率、蛹重、羽化率、成虫存活率、单雌产卵量以及卵孵化率降低（Hajjar *et al*., 1989; Biddinger *et al*., 1995; Komeza *et al*., 2001），也有一些关于药剂处理后昆虫生命力增强的报道（Biddinger *et al*., 1995; Shen *et al*., 2001），所以这还需要进行更加细致而系统的工作，才能更合理的评价和使用化学农药。

在有害生物综合防治体系中，化学防治的目标是将有害生物数量控制在经济阈值以下，韭菜迟眼蕈蚊由于其发生和危害的隐蔽性，给防治带来了困

难。以往针对其幼虫筛选防治药剂时，出于对速效的追求，很少关注现有的杀虫剂的亚致死效应，而是一味地增加用药量和施药次数，造成了严重的蔬菜农药污染，威胁着食用者的身体健康。因此，作者认为若能有针对性地选出并应用一些具有亚致死剂量效应的农药，可能会更有利于对该虫的有效控制和韭菜的无公害生产。

此外，由于杀虫剂亚致死效应研究所需要测定的试虫生物学指标较多，工作量大，若对该类药剂进行筛选，作者认为化蛹率和蛹重可作为主要考察指标，如果化蛹率明显下降，则可在很大程度上降低下一代的虫口基数；若蛹重与对照处理存在显著差异，一般便会直接影响到羽化率、成虫寿命、产卵量和卵孵化率等，同样也会抑制昆虫种群的规模。

参考文献（References）

Biddinger DJ, Hull LA, 1995. Effects of several types of insecticides on the mite predator, *Stethorus punctum* (Coleoptera: Tortricidae). *J. Econ. Entomol.*, 88: 358 – 366.

Friedel T, McDonell PA, 1985. Cyromazine inhibits reproduction and larval development of the Australian sheep blowfly (Diptera: Calliphoridae). *J. Econ. Entomol.*, 78: 868 – 873.

Hajjar MJ, Ford JB, 1989. The effect of sublethal doses of cypermethrin on egg laying of mustard beetle (*Phaedon cochleariae* (F.)). *Pestic. Sci.*, 26: 227 – 239.

Komeza N, Fouillet P, Bouletreau M, Delpuech JM, 2001. Modification by the insecticide chlorpyrifos of the behavioral response to kairomones of a parasitoid wasp, *Leptopilina boulardi*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 41: 436 – 442.

Kotze AC, 1992. Effects of cyromazine on reproduction and offspring development in *Lucilia cuprina* (Diptera: Muscidae). *J. Econ. Entomol.*, 85(5): 1 614 – 1 617.

Mu W, Liu F, Ding Z, 2002. Bioassay technique of *Bradysia odoriphaga* and control to larvae and adults by insecticides. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 17(Suppl.): 12 – 16. [慕卫，刘峰，丁中，2002. 韭菜迟眼蕈蚊的生测方法及防治药剂研究. 华北农学报，17(增): 12 – 16]

Mu W, Liu F, Jia ZM, 2003. A simple and convenient rearing technique for *Bradysia odoriphaga*. *Entomological Journal of East China*, 12(2): 87 – 89. [慕卫，刘峰，贾忠明，2003. 韭菜迟眼蕈蚊简便人工饲养技术. 华东昆虫学报，12(2): 87 – 89]

Shen HM, Zhang XH, 2001. The effects of three insecticides on the life-force and fecundity of *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Lanzhou University*, 37(4): 96 – 100. [沈慧敏，张新虎，2001. 3种农药对二点叶螨生命力及繁殖力影响. 兰州大学学报，37(4): 96 – 100]

Sun XP, Barrett BA, 1999. Fecundity and fertility changes in adult codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) exposed to surfaces treated with tebufenozide and methoxyfenozide. *J. Econ. Entomol.*, 92(5): 1 039 – 1 044.

（责任编辑：黄玲巧）